

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладів і систем орієнтації і навігації

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Бурау Н. І.

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології**

на тему: «Промисловий робот. Навчальний макет.»

Виконав:

студент III курсу, групи ПГ-пб1

Кобзар Владислав Віталійович

Керівник:

к. т. н. Цибульник С. О.

Консультант з:

Рецензент:

ст. викл. Божко К. М.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019 року

Реферат

В дипломному проекті розглядається макет промислового маніпулятора, як можливість демонстрації функціоналу повноцінного промислового робота. Окрема увага приділяється складовим макету таким, як плата мікроконтролерів, ШИМ-контролерів, серводвигунам та корпусу самого макету. Також було реалізовано можливість керувати макетом за допомогою програмного забезпечення, що було створено в середовищі розробки Arduino IDE і яке дозволяє контролювати швидкість обертання серводвигунів. Окрім цього також було реалізовано контроль макетом в реальному часі за допомогою створення програмного забезпечення в середовищі розробки LabVIEW та Arduino відповідно.

Пояснювальна записка містить: 6 рисунків, 10 фотографій, 4 таблиці.

Ключові слова: Промисловий робот, макет, маніпулятор, Arduino, LabVIEW, мікроконтролер, серводвигун, керування.

Реферат

В дипломном проекте рассматривается макет промышленного манипулятора, как возможность демонстрации функционала полноценного промышленного робота. Особое внимание уделяется составляющим макета таким, как плата микроконтроллеров, ШИМ- контроллеров, серводвигатели и корпуса самого макета. Также было реализовано возможность управлять макетом с помощью программного обеспечения, которое было создано в среде разработки Arduino IDE и которое позволяет контролировать скорость вращения серводвигателей. Кроме этого также было реализовано контроль макетом в реальном времени с помощью создания программного обеспечения в среде разработки LabVIEW и Arduino соответственно.

Пояснительная записка содержит 6 рисунков, 10 фотографий, 4 таблицы.

Ключевые слова: Промышленный робот, макет, манипулятор, Arduino, LabVIEW, микроконтроллер, серводвигатель, управления.

Abstract

In the diploma project the model of the industrial manipulator is considered, as an opportunity to demonstrate the functional of a full-fledged industrial robot. Particular attention is paid to the components of the layout such as the board microcontrollers, PWM controllers, servo motors and the shell of the layout itself. Also implemented was the ability to manage the layout with software that was created in the Arduino IDE development environment and which allows you to control the speed of servo motors. In addition, real-time layout control was implemented through software development in the LabVIEW and Arduino development environment, respectively.

The explanatory note contains: 6 figures, 10 photographs, 4 tables.

Keywords: Industrial robot, layout, manipulator, Arduino, LabVIEW, microcontroller, servo motor, control.

Зміст

Вступ	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	9
1.1. Історія розвитку промислових маніпуляторів	9
1.2. Типи промислових маніпуляторів	11
1.3. Склад системи промислових роботів	14
1.4. Класифікація промислових маніпуляторів	16
1.5. Система управління маніпулятором	18
1.6. Переваги та недоліки використання промислових роботів	19
РОЗДІЛ 2. ЗБІР МАКЕТУ ПРОМИСЛОВОГО МАНІПУЛЯТО- РА ЙОГО НАШАЛТУВАННЯ ТА СПОСОБИ КЕРУВАННЯ	21
2.1. Огляд елементної бази	21
2.2. Збір макету промислового маніпулятора	26
2.3. Керування маніпулятором програмними засобами	29
2.3.1. Керування за допомогою середовища Arduino	29
2.3.2. Зв'язка LabVIEW + Arduino	31
Висновок	38
Список використаної літератури	39

ВСТУП

З настанням четвертої промислової революції роботи займають все більше місця, як при виробництві товарів так і в повсякденному житті.

На даний момент все більше країн концентрує свою увагу на модернізації власних виробничих потужностей, що дозволить залишатися конкурентоспроможними на світовому ринку. Особливу увагу варто приділити промисловим маніпуляторам. Використання даних маніпуляторів має свої плюси та мінуси.

Розпочнемо з переваг:

- 1) Підвищення якості виробленої продукції, що значно підвищує рівень конкурентоспроможності.
- 2) Виробництво може тривати майже безперервно в три робочі зміни.
- 3) Більш швидке виконання запрограмованих задач, що дозволяє в короткі терміни виготовити більше продукції, ніж при використанні людських ресурсів.
- 4) Адаптивність. Один тип маніпулятора можна пристосувати до багатьох типів задач, змінивши його виконуючий елемент та алгоритм дії.

Попри такі переваги є також наступні недоліки:

- 1) Висока вартість, на даний момент для роботизації всієї виробничої лінії необхідні значні капіталовкладення, проте вони здійснюються тільки один та окупляться за декілька років.
- 2) Дефіцит персоналу, що може працювати з даними технологіями, особливо це стосується країн з економікою, що розвивається;
- 3) Зменшення робочих місць для людей, що вплине на підвищення рівня безробіття, проте цю проблему можна частково вирішити, перекваліфікувавши частину персоналу для роботи з новими лініями виробництва товару, що позитивно вплине на загальний рівень освіченості робітників та підвищення їхньої заробітної плати, а також вирішить другу проблему впровадження маніпуляторів.

Застосування промислових роботів, що взаємодіють між собою може позитивно сказатися на економіці цілого ряду країн. Звичайно це будуть важливі глобальні зміни, що приведуть до нового етапу взаємодії людина-робот.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Історія розвитку промислових роботів

Промисловий робот - багатоцільовий маніпуляційний робот, що складається з механічного маніпулятора і перепрограмованої системи керування, який застосовується для переміщення об'єктів в просторі трьох і більше координат та для виконання різноманітних виробничих процесів [1].

Маніпулятор - це сукупність просторового важільного механізму і системи приводів, що здійснює під управлінням програмованого автоматичного пристрою або людини-оператора дії (маніпуляції), аналогічні діям руки людини.

Поява механічних маніпуляторів, а потім систем числового програмного керування привело до створення промислових роботів - програмованих маніпуляторів, призначених для різноманітних технологічних операцій.

Промислові роботи призначені для заміни людини при виконанні основних і допоміжних технологічних операцій в процесі промислового виробництва. При цьому вирішується важливе соціальне завдання - звільнення людини від робіт, пов'язаних з небезпеками для здоров'я або з важкою фізичною працею, а також від простих монотонних операцій, що не вимагають високої кваліфікації. Гнучкі автоматизовані виробництва, що створюються на базі промислових роботів, дозволяють вирішувати завдання автоматизації на підприємствах з широкою номенклатурою продукції при малосерійному і штучному виробництві.

Промислові роботи є важливими складовими частинами сучасного промислового виробництва [1].

Перші промислові роботи почали створювати в середині 50-х років XX століття в США. У 1954 році американський інженер Дж. Девол запатентував спосіб управління вантажно-розвантажувальних маніпулятором за допомогою змінних перфокарт, тобто отримав патент на робот промислового призначення. Разом з Д. Енгельберга в 1956 р він організував першу в світі компанію з випуску промислових роботів. Її назва «Unimation» (Юнімейшн) є скороченням терміну «Universal Automation» (універсальна автоматика).

У 1959 році фірма «Консолідейтед Корпорейшн» (США) опублікувала опис маніпулятора з числовим програмним керуванням, а в 1960-1961 рр. в американській пресі з'явилися перші повідомлення про маніпулятори «Transferrobot» і «Eleximan», які призначені для автоматизації складальних робіт. У 1962 році в США були створені перші в світі промислові роботи «Юнімейт» фірми "Юнімейшн Інкорпорейд" і "Версатран» фірми «АМФ Версатран». Їх схожість з людиною обмежувалося наявністю маніпулятора, що віддалено нагадує людську руку. Деякі з них працюють до цих пір, перевищивши 100 тисяч годин робочого ресурсу.

Промисловий робот «Юнімейт» мав 5 ступенів рухливості з гідроприводом і двухпальцевий захватний пристрій з пневмоприводом. Переміщення об'єктів масою до 12 кг здійснювалося з точністю 1,25 мм. В якості системи управління використовувався програмоносій у вигляді кулачкового барабана з кроковим двигуном, розрахований на 200 команд управління, і кодові датчики положення. У режимі навчання оператор ставив послідовність точок, через які повинні пройти ланки маніпулятора протягом робочого циклу. Робот запам'ятовував координати точок і міг автоматично переміщатися від однієї точки до іншої в заданій послідовності, багато разів повторюючи робочий цикл. На операції розвантаження машини для лиття під тиском «Юнімейт» працював з продуктивністю 135 деталей за годину при 2% браку, тоді як продуктивність ручного розвантаження становила 108 деталей за годину при браку до 20%.

Різні аспекти застосування промислових роботів розглядаються, як правило, в рамках типових проектів промислового виробництва: виходячи з наявних вимог, вибирається оптимальний варіант, в якому конкретизовано необхідний для даного завдання тип роботів, їх кількість, а також вирішуються питання інфраструктури живлення (силові підводки, подача охолоджуючої рідини - в разі використання рідинного охолодження елементів оснастки) і інтеграції в виробничий процес (забезпечення заготовками і повернення готового продукту в автоматичну лінію для передачі наступної технологічної операції) [2].

1.2. Типи маніпуляторів

Перше, з чим стикається інженер, який створює маніпулятор, - вибір його кінематичної схеми, структури його скелета. В процесі виконання операцій з об'єктами маніпулювання в більшості випадків маніпулятори імітують рух рук людини. Тому структурна схема маніпулятора повинна володіти кінематичними характеристиками, аналогічними характеристиками руки людини.

Маніпулятор повинен мати хоча б три ступені рухливості, необхідні для переміщення інструменту в будь-яку точку зони обслуговування. Кожна ступінь рухливості маніпуляційного робота управляється індивідуальним приводом, в результаті чого виконавчий орган отримує спрямований певний рух. В сучасних маніпуляторах використовують електромеханічні, гідравлічні, пневматичні або комбіновані приводи.

Існує велика кількість схем маніпуляторів, найбільш поширеними в промисловості є п'ять наступних схем:

Декартовий тип. Маніпулятор (рис. 1.1), що функціонує в декартовій (прямокутній) системі координат, простий в управлінні і відрізняється високою точністю дій. Схват маніпулятора поступально переміщається уздовж трьох основних осей: x , y і z (тобто зліва направо, вперед-назад і вгору-вниз).

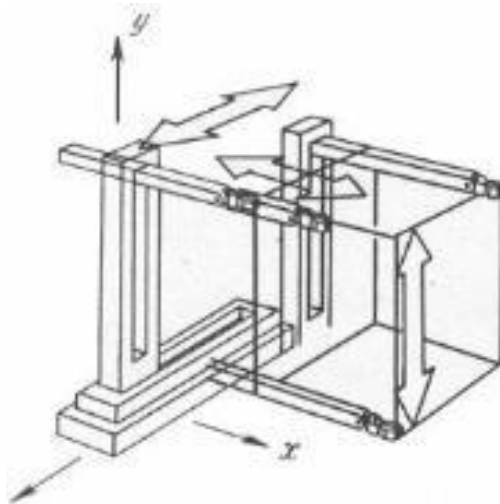


Рисунок 1.1. Маніпулятор декартового типу

Циліндричний тип. Маніпулятор (рис. 1.2), що працює в циліндричній системі координат. Його схват може висуватися і втягуватися, а також переміщатися вгору і вниз уздовж стійки. Крім того, весь вузол маніпулятора може повертатися навколо

осі підставки, але не на повний оберт, що дозволяє йому виконувати операції в навколишній циліндричній зоні.

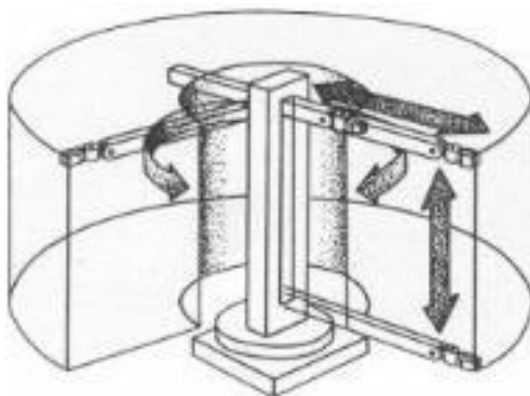


Рисунок 1.2. Маніпулятор циліндричного типу

Сферичний тип. Маніпулятор (рис. 1.3), що діє в сферичній (або полярній) системі координат. Його схват може висуватися і втягуватися. Вертикальні переміщення маніпулятора досягаються шляхом повороту його у вертикальній площині в «плечовому» суглобі. Весь вузол маніпулятора може також повертатися навколо осі підстави. Зона дії подібного маніпулятора являє усічену сферу. Перші моделі промислових роботів були сконструйовані саме за цим принципом.

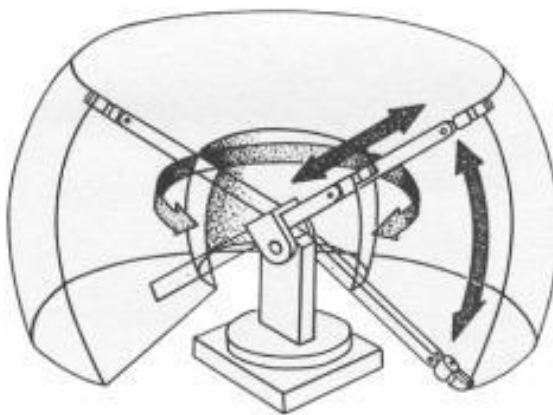


Рисунок 1.3. Маніпулятор сферичного типу

Ангулярний тип. Шарнірний маніпулятор (рис. 1.4), що діє в ангулярній системі координат, не має поступальних кінематичних пар, а має тільки обертальні кінематичні пари. Маніпулятор такого типу дуже нагадує руку людини, оскільки має «плечове» і «ліктьове» зчленування, а також «зап'ястя». Його зона обслуговування значно більше, ніж у роботів інших типів. Він здатний обходити перешкоди набагато різноманітнішими шляхами і навіть складатися, але разом з тим він виключно складний в управлінні.

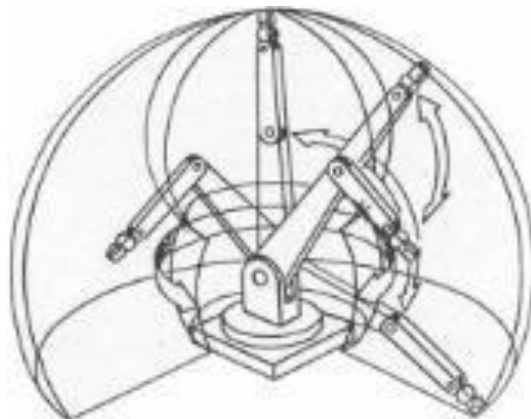


Рисунок 1.4. Маніпулятор ангулярного типу

Тип SCARA. Своєрідну схему має маніпулятор системи SCARA (рис. 1.5), що представляє собою варіант маніпулятора з циліндричною системою координат. Всі кінематичні пари цього маніпулятора розташовуються в горизонтальній площині, завдяки чому механізм здатний розгортатися подібно складаний ширмі. Його зона обслуговування має циліндричну форму.

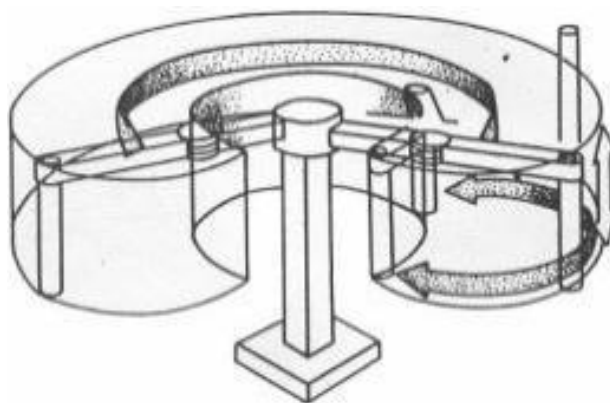


Рисунок 1.5. Маніпулятор типу SCARA

Перспективними здаються роботи ще двох типів. Перший з них, «Spine» (рис. 1.6), спроектований фахівцями фірми «спайні Роботікс». У ньому використовується довгий хоботоподобний маніпулятор, що складається з безлічі сочевицеподібних дисків, які з'єднані між собою двома парами тросів, які забезпечують натяг. Троси з'єднані з поршнями гідравлічних циліндрів, які, створюючи натяг, викликають переміщення маніпулятора. Спеціальні датчики передають на систему управління інформацію про стан маніпулятора і його пензля. Такий робот відрізняється надзвичайно великою гнучкістю, значним радіусом дії і високою маневреністю.

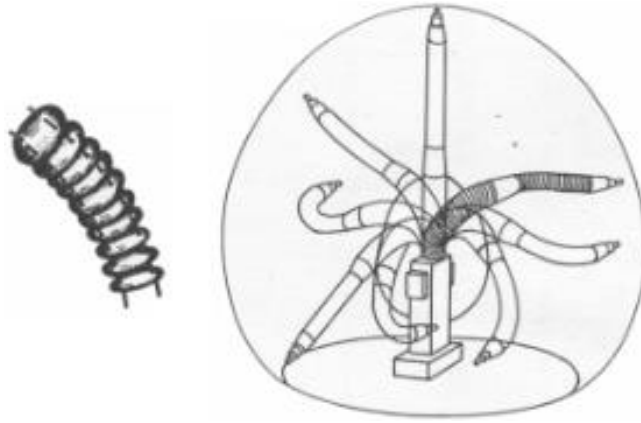


Рисунок 1.6. Маніпулятор Spine типу

Інший робот маятникового типу (рис. 1.7), IR B1000, розроблений фахівцями фірми ASEA; його маніпулятор підвішений подібно до маятника з подвійним карданним підвісом і може переміщатися по напрямних щодо поздовжньої і поперечної осей. За твердженням фахівців фірми ASEA, цей пристрій рухається в 1,5 рази швидше, ніж традиційні маніпулятори, що забезпечує високу продуктивність [3].

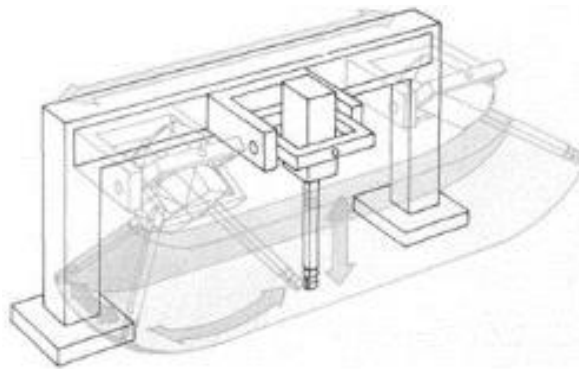


Рисунок 1.7. Маніпулятор маятникового типу

1.3. Склад систем промислових роботів

Промислові роботи складаються з таких систем [2]:

1. Механічна частина(включає один або декілька маніпуляторів);
2. Система керування;
3. Засоби, які утворюють інформаційно-сенсорну систему, сигнали від якої надходять до системи керування.

Також роботи поділяються на наступні типи [2]:

Автоматичні пристрої. В цю категорію такі типи роботів:

- 1) Програмні роботи представляють собою найпростішу різновидність роботів,

якими керують автоматично. Ця різноманітність широко застосовується в наслідок їх недорогої вартості. Вони знаходять широке застосування на підприємствах для здійснення простих операцій по запланованій технології. В більшості випадків у таких пристроїв немає сенсорів. При цьому всі дії відбуваються по циклічній програмі, яка попередньо записується в блок пам'яті.

2) Адаптивні роботи на відміну від першої різноманітності мають сенсори, а також супутніх програм. Завдяки сигналам, які надходять до керуючої системи від всіх датчиків, відбувається аналіз навколишнього середовища. В результаті отриманих даних, робот може приймати рішення, як йому діяти далі. Наприклад, він може почати виконувати іншу операцію, якщо неможливо виконати першу.

3) Роботи, що навчаються. Подібні роботи здатні навчатися, тобто вони виконують дії згідно попередньо закладеному алгоритму навчання. Наприклад, люди створюють порядок дій, які закладають в блок керування робота.

4) Інтелектуальні роботи. Данні роботи мають зачатки штучного інтелекту, тобто вони за допомогою сенсорних датчиків можуть без допомоги людей сприймати навколишню обстановку. Тобто вони створюють віртуальний простір, в якому можуть орієнтуватися та приймати рішення про подальші дії, що допомагає їм навчатися по мірі отримання досвіду.

Біомеханічні промислові роботи. В цю категорію входять командні, копіюючі і напіваавтоматичні роботи.

1) Командні роботи. Це свого роду маніпулятори, які дистанційно керуються оператором. Оператор подає команди на рух кожному рухомому елементу конструкції.

2) Копіюючі роботи. Це маніпулятори, які здійснюють копіювання дій, що здійснюються оператором в заданий момент часу. Наприклад, людина одягає рукавичку і рухає пальцями, то і копіюючий робот також буде рухати своїми залізними пальцями.

3) Напіваавтоматичні роботи. Для їх керування оператору необхідно тільки задати переміщення органу маніпулятора. При цьому система керування пристрою сама погоджує всі необхідні рухи і при необхідності їх корегує.

Інтерактивні промислові роботи. В цю категорію входять автоматизовані, супервізорні і діалогові роботи.

1) Автоматичні роботи. Це роботи, де чергуються режими автоматичного керування процесу з біомеханічними.

2) Супервізорні роботи. Це роботи, які виконують роботи автоматично по заданому циклу, проте перехід від одного етапу до наступного здійснюється по командам оператора.

3) Діалогові роботи. Це автоматичні роботи різної дії, які можуть взаємодіяти з операторами, застосовуючи мову певного рівня. Наприклад, за допомогою голосових команд.

1.4. Класифікація маніпуляторів

Маніпулятори складають 85-90% всіх роботів у світі.

Класифікація роботів за призначенням в промисловості:

1) Керамічна промисловість: видавлювання керамічної сировини, завантаження вальцових (крокетних) машин, витяг сформованих виробів, складування, покриття глазур'ю шляхом занурення, нанесення глазурі пульверизатором, шліфування виробів після випалу, завантаження і розвантаження печей;

2) Скляна промисловість: завантаження і розвантаження машин;

3) Швейна промисловість: завантаження швейних машин;

4) Деревообробна промисловість: покриття лаком, складання виробів, забивання цвяхів, закручування гвинтів;

5) Виробництво та оброблення шкіри: завантаження машин;

6) Гумообробна промисловість: розпізнавання образів, маніпулювання шинами;

7) Обробка пластиків: завантаження сировини, розвантаження машин;

За ступенем універсальності:

1) універсальні (для виконання різних операцій спільно з різними видами обладнання);

2) спеціалізовані (виконує одну операцію з декількох можливих з різним обладнанням);

3) спеціальні (виконує конкретну операцію з одним типом обладнання).

По виду технологічних операцій:

- 1) здійснюють основні технологічні операції;
- 2) виконують допоміжні технологічні операції з обслуговування технологічного обладнання (засоби автоматизації).

За показниками, визначальним їх конструкцію:

- 1) тип приводів робота (електричний, гідравлічний, пневматичний);
- 2) вантажопідйомність (надлегкі - до 1 кг; легкі - від 1 до 10 кг; середні 10,200 кг; важкі - 200,1000 кг; надважкі - понад 1000 кг);
- 3) кількість маніпуляторів (від 1 до 4 рук);
- 4) тип і параметри робочої зони маніпуляторів (прямокутна, циліндрична, сферична, кутова (ангулярна) і різні їх комбінації);
- 5) рухливість робота визначається наявністю або відсутністю у нього пристрою пересування (рухливий або стаціонарний).
- 6) за способом розміщення стаціонарні і рухливі роботи бувають підлоговими, підвісними (переміщаються по монорельсу), що вбудовуються в інше обладнання (в верстат або ін.);
- 7) по виконанню робота - залежить від призначення (нормальне, пилозахисні, термозахисні, вологозахисної, вибухобезпечне і т.п.).

За способом управління:

- 1) з програмним управлінням;
- 2) з адаптивним керуванням;
- 3) з інтелектуальним керуванням.

За швидкістю рухів:

- 1) мале швидкодій - до 0,5 м / с;
- 2) середнє - лінійні швидкості від 0,5 до 1 м / с (~ 80% робіт);
- 3) висока - понад 1 м / с (~ 20% робіт).

За точністю рухів:

- 1) мала точність - при лінійної похибки від 1 мм і вище;
- 2) середня - від 0,1 до 1 мм (найбільше робіт);
- 3) висока - менше 0,1 мм.

Параметри, що визначають технічний рівень робіт:

- 1) надійність;
- 2) число одночасно працюючих ступенів рухливості;
- 3) час програмування;
- 4) питома вантажопідйомність (віднесена до маси робота);
- 5) вихідна потужність маніпулятора (твір вантажопідйомності на швидкість переміщення), віднесена до потужності його приводів;
- 6) відносні оцінки габаритних параметрів.

Ці параметри служать критеріями якості, призначені для їх оптимізації при проектуванні і порівняльній оцінці робіт [4].

1.5. Системи управління маніпулятором

Системами управління оснащені всі маніпулятори, у яких переміщення рухомих ланок здійснюються за допомогою різних немеханічних приводів.

Система управління сучасного маніпулятора складається з декількох підсистем, що виконують певні інформаційні, керуючі, захисно-попереджувальні, обмежувальні та інші функції.

Розрізняють три основних види управління: циклове, позиційне, контурне. Циклове управління програмує послідовність виконання рухів і умови початку і закінчення рухів; становище, до якого йде рух, задаються на самому маніпуляторі, а не в програмі; швидкість переміщення визначається характеристиками приводу і також не задається в програмі. При позиційному управлінні команди подаються так, що переміщення робочого органу походить від точки до точки, причому положення точок задаються програмою. Швидкість переміщення між точками не контролюється і не реалізується. При контурному управлінні рух робочого органу відбувається по заданій траєкторії і задається швидкістю. У програмі задаються самі траєкторії і режими руху. Контурне управління використовується в технологічних роботах.

Пристрій управління та інші блоки системи управління при цикловому, позиційному і контурному управліннях можуть бути реалізовані на однакових або різних принципах і елементних базах. В особливий вид зазвичай виділяється адаптивне управління, при якому здійснюється автоматична зміна керуючих програм.

Зокрема адаптація або пристосованість системи управління може полягати в тому, що пристрої системи управління за допомогою спеціальних датчиків визначають конфігурацію об'єкта і його положення.

Об'єктом управління є виконавчий пристрій (маніпулятор плюс пристрій пересування, якщо він є). У виконавчий пристрій також входять приводи. Все інше обладнання робота призначене для формування і видачі керуючих впливів виконавчому пристрою. Таким чином, пристрій управління отримує сигнали (від датчиків) і видає сигнали (на приводи маніпулятора).

Для пульта ручного керування основними є зв'язки з пристроєм управління. З пульта ручного керування можуть здійснюватися введення програм, настройка. На пульт управління надходять сигнали про виконання різних рухів, а також про можливі порушення режимів роботи та про відмови. Слід мати на увазі, що в пристрій управління зазвичай надходять сигнали від зовнішніх (по відношенню до робота) датчиків і систем (наприклад, від систем управління устаткуванням, що обслуговується). Пристрій управління роботом також може бути пов'язаний з ЕОМ, яка координує роботу декількох одиниць обладнання, наприклад всього обладнання технологічного ділянки або лінії. У цих випадках ця ЕОМ як би знаходиться на більш високому поверсі, на наступному рівні управління. Така багаторівнева система управління типова для сучасних гнучких виробничих систем [5].

1.6. Переваги та недоліки використання промислових роботів

Комплексне застосування промислових роботів особливо економічно ефективно в автоматизованих виробничих цехах. Це досягається, як правило, встановленням станків, які можуть працювати з роботами, відповідною адаптацією роботів, тобто необхідною науко-технічною підготовкою виробництва. В більшості випадків при цьому виникають відносно великі затрати. Проте, оскільки рівень всього технологічного процесу підвищується і комплексне рішення нового виду приносить значну користь, ці затрати оправдані.

Використання промислових роботів веде в багатьох сферах матеріального виробництва до більш високого темпу росту продуктивності праці, а також до

значного вивільнення робочої сили, яка може використовуватися в інших сферах виробництва.

Комплексне використання промислових роботів вигідне з економічної точки зору. Воно відображається на збільшенні прибутку і зниженню затрат, що також веде до збільшення прибутку. Пов'язане з використанням промислових роботів зменшення тривалості процесу також принесе значну економічну вигоду.

Деякі вагомі переваги використання промислових роботів:

1. цілодобова експлуатація цієї сучасної техніки, при збереженні якості виготовлення продукції;
2. підвищення якості виробленої продукції, що значно підвищує рівень конкурентоспроможності.
3. більш швидше виконання запрограмованих задач, що дозволяє в короткі терміни виготовити більше продукції, ніж при використанні людських ресурсів;
4. багатократне використання високоякісних техніко-технологічних рішень, включаючи математичне та програмне забезпечення;
5. відносно низькі одноразові затрати;
6. низькі поточні затрати.

Попри всі ці переваги є також недоліки, а саме:

1. висока вартість, на даний момент для роботизації всієї виробничої лінії необхідні значні капіталовкладення, проте вони здійснюються тільки один раз та окупляться за декілька років.
2. дефіцит персоналу, що може працювати з даними технологіями, особливо це стосується країн з економікою, що розвивається.
3. зменшення робочих місць для людей, що вплине на підвищення рівня безробіття, проте цю проблему можна частково вирішити, перекваліфікувавши частину персоналу для роботи з новими лініями виробництва товару, що позитивно вплине на загальний рівень освіченості робітників та підвищення їхньої заробітної плати, а також вирішить другу проблему впровадження промислових маніпуляторів.

РОЗДІЛ 2. ЗБІР МАКЕТУ ПРОМИСЛОВОГО МАНІПУЛЯТОРУ ЙОГО НАЛАШТУВАННЯ ТА СПОСОБИ КЕРУВАННЯ

2.1. Огляд елементної бази

Для наглядної демонстрації можливостей промислового маніпулятора необхідно зібрати його зменшений макет, що дозволить задовольнити потребу демонстрації за більш малий бюджет.

На даний момент вибір комплектуючих не створює жодних проблем, адже наявний широкий спектр доступних приладів, що стосуються електроніки та конструктивних елементів маніпулятора.

Складемо таблицю з необхідними комплектуючими.

Таблиця 1

Найменування		Кількість, шт.
1.	Плата мікроконтролерів	1
2.	Сервопривод та їх комплектуючі	6
3.	Корпус макету маніпулятора та його комплектуючі	1
4.	Блок живлення	1
5.	Контролер керування сервоприводами	1

Наведемо дані про можливі варіації комплектування макету промислового маніпулятора.

1. Плата мікроконтролерів

Таблиця 2

1.	Arduino Uno	
	Частота роботи мікроконтролера	16 МГц
	Flash Memory	32 Кб
	Цифрові входи та виходи	14, 6 з них ШИМ
	Аналогові входи	6
	Напруга живлення	7-12 В
	Розміри	68x53x15мм
2.	Arduino Mega 2560	
	Частота роботи мікроконтролера	16 МГц
	Flash Memory	256 Кб
	Цифрові входи та виходи	54, 17 з них ШИМ
	Аналогові входи	16
	Напруга живлення	7.5-12 В
	Розміри	115x67x32мм

3.	Arduino Leonardo	
	Частота роботи мікроконтролера	16 МГц
	Flash Memory	32 Кб
	Цифрові входи та виходи	20, 7 з них ШИМ
	Аналогові входи	12
	Напруга живлення	6-20 В
	Розміри	68x53x15мм
4.	Arduino NANO	
	Частота роботи мікроконтролера	16 МГц
	Flash Memory	16-32 Кб
	Цифрові входи та виходи	14, 6 з них ШИМ
	Аналогові входи	8
	Напруга живлення	7-12 В
	Розміри	19 x 42мм

2. Сервоприводи та їх комплектуючі

Таблиця 3

1.	MG996R	
	Розміри	40x19x43мм
	Вага	55г
	Швидкість обертання	0,13сек/60 град
	Кут повороту	120 ⁰
2.	Springrc SM-S4315M	
	Розміри	32x32x13мм
	Вага	60г
	Швидкість обертання	0,18сек/60 град
	Кут повороту	160 ⁰
3.	TowerPro SG 5010	
	Розміри	43x55x20мм
	Вага	47г
	Швидкість обертання	0,14сек/60 град
	Кут повороту	180 ⁰

3. PWM контролер з інтерфейсом I2C

Таблиця 4

1.	PCA9685	
	Кількість каналів	16
	Розрядність	12
	Частота	24-1526Гц
	Кут повороту	120 ⁰

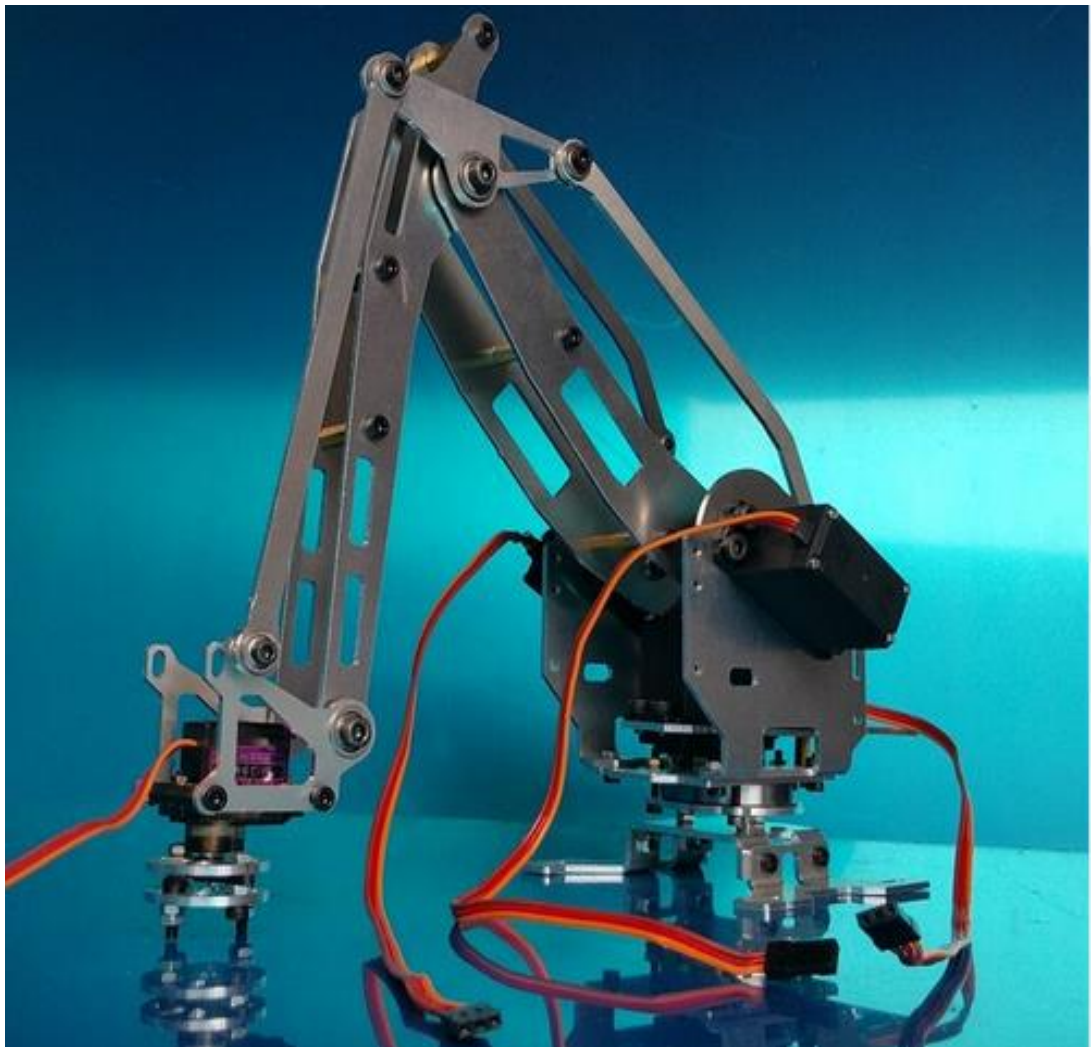
За допомогою PWM контролера можна керувати яскравістю світлодіодів, сервоприводами, обертами двигунів та іншими пристроями, де PWM сигнал використовується для керування.

4. Блок живлення

Був обраний блок живлення, за допомогою якого можна регулювати напругу та силу струму. Для даних сервоприводів було застосовано 5 В, та 1.5 А. Було вирішено встановити нижню планку напруги для сервоприводів, щоб не пошкодити PCA контролер, через який і подається живлення.

5. Корпус макету маніпулятора

На даний момент доступна вже створена велика кількість маніпуляторів різних конструкцій розглянемо деякі з них.



Фотографія 2.1. – Макет промислового маніпулятора. Зразок 1



Фотографія 2.2. – Макет промислового маніпулятора. Зразок 2



Фотографія 2.3. – Макет промислового маніпулятора. Зразок 3

Після огляду даних макетів можна підмітити, що більшість з них має такі складові:

- Кронштейни;
- Механізм захвату;
- Обертальну основу з підшипником;
- Основу для встановлення мікроконтролерів.

З усіх наявних комплектуючих були підібрані елементи, що задовольняють необхідні вимоги для демонстрації роботи промислового маніпулятора, а саме

- Arduino Uno;
- MG996R;
- PCA9685;
- Відповідний для корпус маніпулятора.

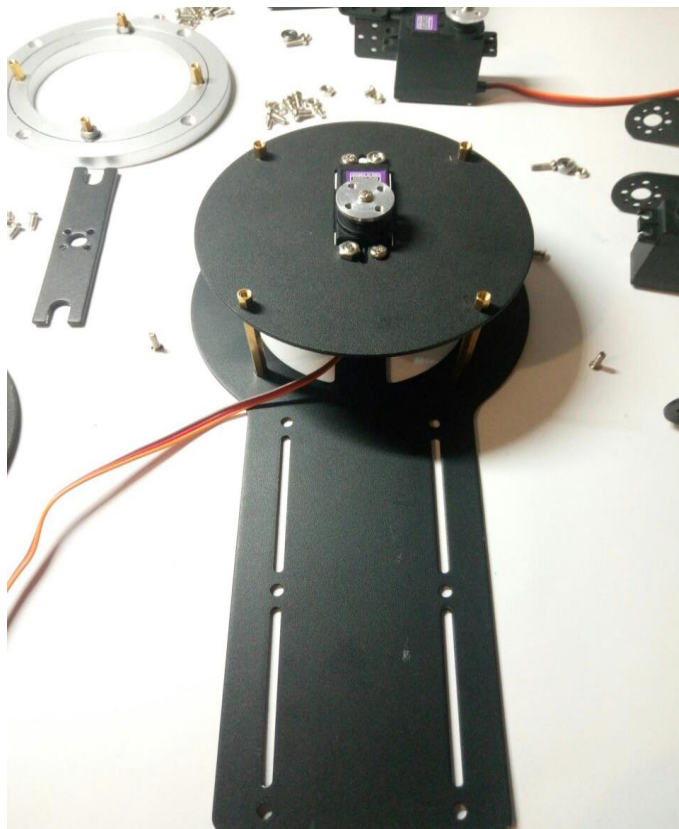
1. Була обрана конструктивна схема макету маніпулятора, що включає в себе такі елементи:



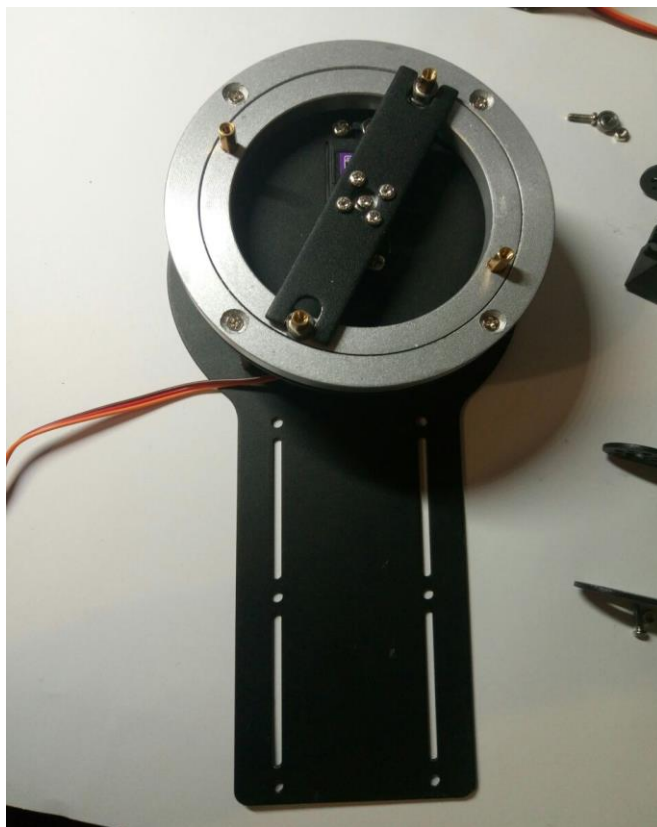
Фотографія 2.4 – Розібраний макет промислового маніпулятора та його комплектуючі

2.2. Збір макету промислового маніпулятора

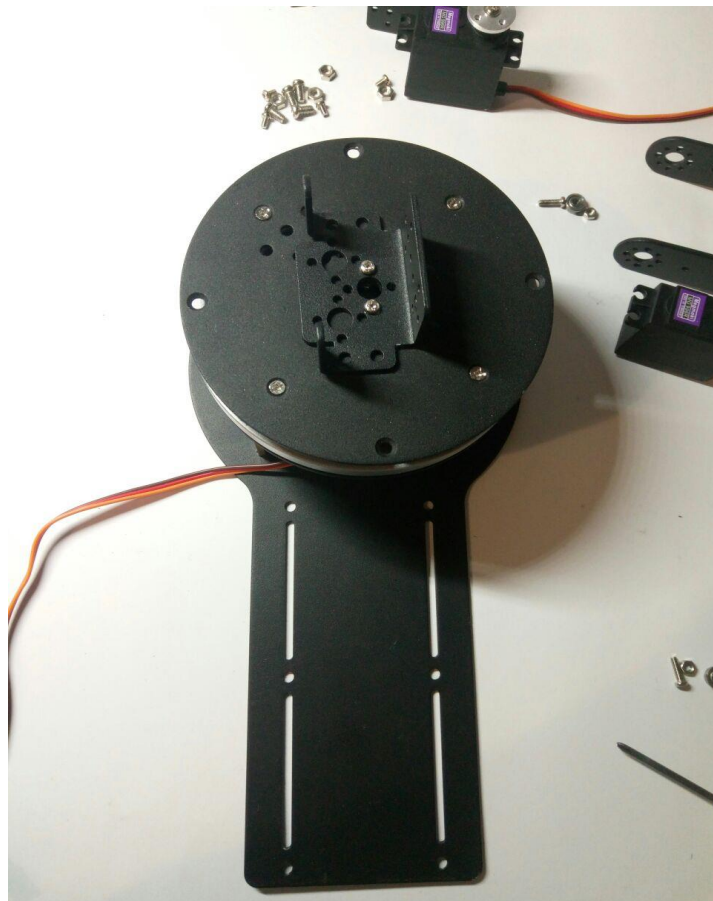
В даному підрозділі буде зафіксовано процес збірки маніпулятора



Фотографія 2.5 – Встановлення на обертальну основу першого сервоприводу



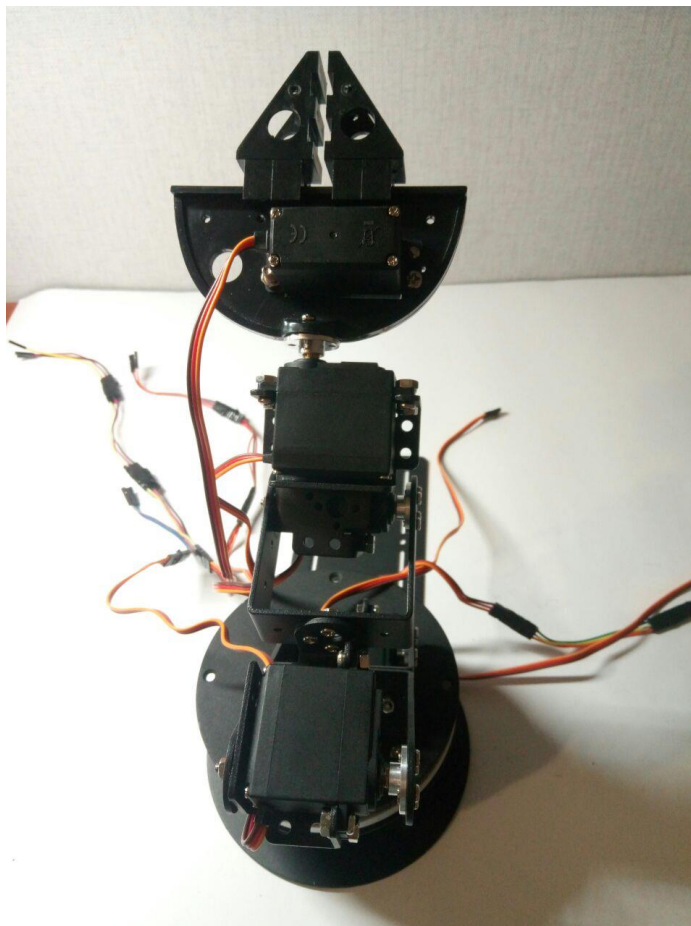
Фотографія 2.6 – Встановлення шарикопідшипника



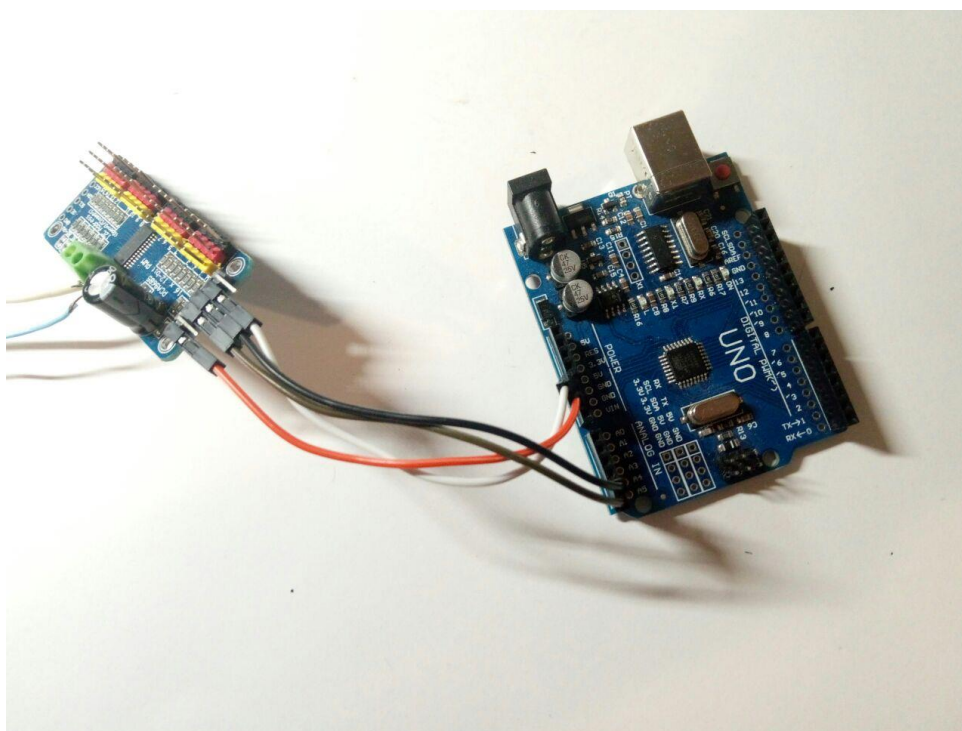
Фотографія 2.7 – Встановлення верхньої кришки обертальної основи та кронштейну



Фотографія 2.8 – Встановлення 2 та 3 сервоприводів та кронштейнів



Фотографія 2.9 - Встановлення 4, 5 та 6 сервоприводів, кронштейнів та механізму захвату



Фотографія 2.10 – Під'єднання Arduino Uno до PCA9685

Основні характеристики:

- Висота - 335 мм;
- Довжина - 275 мм;
- Ширина - 135 мм.

Кількість ступенів свободи: 6.

Параметри живлення:

- Напруга 5 В;
- Струм 1.5 А.

2.3. Керування маніпулятором програмними засобами.

2.3.1. Керування за допомогою середовища Arduino

Для керуванням сервоприводами було рішення використовувати бібліотеку `iarduino_MultiServo.h`

Для роботи з бібліотекою необхідно її підключити та об'явити об'єкт `MSS`.

```
#include <iarduino_MultiServo.h
```

```
iarduino_MultiServo MSS;
```

Створимо метод для уповільнення швидкості повороту сервоприводів

```
void servoSlow( int num, int start, int pos, int time) {
```

```
    MSS.servoWrite(num, start);
```

```
    if(start < pos){
```

```
        for ( int i=start; i < pos; i++){
```

```
            MSS.servoWrite(num, i);
```

```
            delay(time);}}
```

```
    if(start > pos){
```

```
        for ( int i= start; i > pos; i--){
```

```
            MSS.servoWrite(num, i);
```

```
            delay(time);
```

```
        }}}}
```

Задаємо початкове положення для сервоприводів. Для цього необхідно вказати, на яких пінах знаходяться сервоприводи відповідного типу. Після чого використовуючи раніше створений метод задаємо положення маніпулятора.

```
void setup() {  
  MSS.servoSet(10, SERVO_MG996R);  
  MSS.servoSet(11, SERVO_MG996R);  
  MSS.servoSet(12, SERVO_MG996R);  
  MSS.servoSet(13, SERVO_MG996R);  
  MSS.servoSet(14, SERVO_MG996R);  
  MSS.servoSet(15, SERVO_MG996R);  
  MSS.begin();  
  servoSlow(15, 56, 56, 7);  
  delay(500);  
  servoSlow(14, 35, 35, 7);  
  delay(500);  
  servoSlow(13, 80, 80, 7);  
  delay(500);  
  servoSlow(12, 101, 101, 7);  
  delay(500);  
  servoSlow(11, 77, 77, 7);  
  delay(500);  
  servoSlow(10, 0, 0, 7);  
  delay(500);  
}
```

2.3.2. Зв'язка LabVIEW + Arduino

Постановка завдання

Генерування та відправлення даних в COM-порт для певного сервоприводу на заданий для нього кут.

Для вирішення цієї задачі було використано інтерфейс NI-VISA.

NI-VISA – це високорівневий програмний інтерфейс (API), призначений для комунікації через інструментальні шини. VISA не залежить ні від платформи, ні від шини. Іншими словами, використовує одне і теж API, незалежно від того, чи створена програма для обміну між даним пристроєм USB та системою LabVIEW на Windows.

USB це шина обміну, робота якої базується на повідомленнях. Це означає, що комп'ютер та пристрій обмінюються друг з другом через шину повідомленням і даними, що передаються або в текстовому форматі, або як двійкові дані. Кожний пристрій USB має свій набір команд. Можна використовувати функції читання, запису, щоб відправляти ці команди до приладу і прочитати відповідь на них.

NI-VISA підтримує обмін по шині USB. Підтримуються 2 класи ресурсів VISA: USB INSTR та USB RAW.

Пристрої USB, які задовольняють протоколу USB Test and Measurement Class (USBTMC), використовують клас ресурсів USB INSTR. Випускаються ліцензовані пристрої, і пакети, що підтримують протокол USBTMC. Для комунікації з таким пристроєм не вимагається спеціальне конфігурування, можна відразу переходити до обміну інформацією з пристроєм.

Інструментальними пристроями USB RAW вважаються будь які пристрої з інтерфейсом USB, які не задовольняють протоколу USBTMC.

Використання NI-VISA для обміну з пристроями USB

Клас USB INSTR(USBTMC). Пристрої, що задовольняють специфікації USB Test and Measurement Class (USBTMC), використовують клас NI-VISA USB INSTR. Ці пристрої здійснюють комунікацію в стилі IEEE-488.2. Для цих пристроїв Ви можете просто викликати функції VISA Open, VISA Close, VISA Read, VISA Write.

Реалізація завдання в середовищі LabVIEW

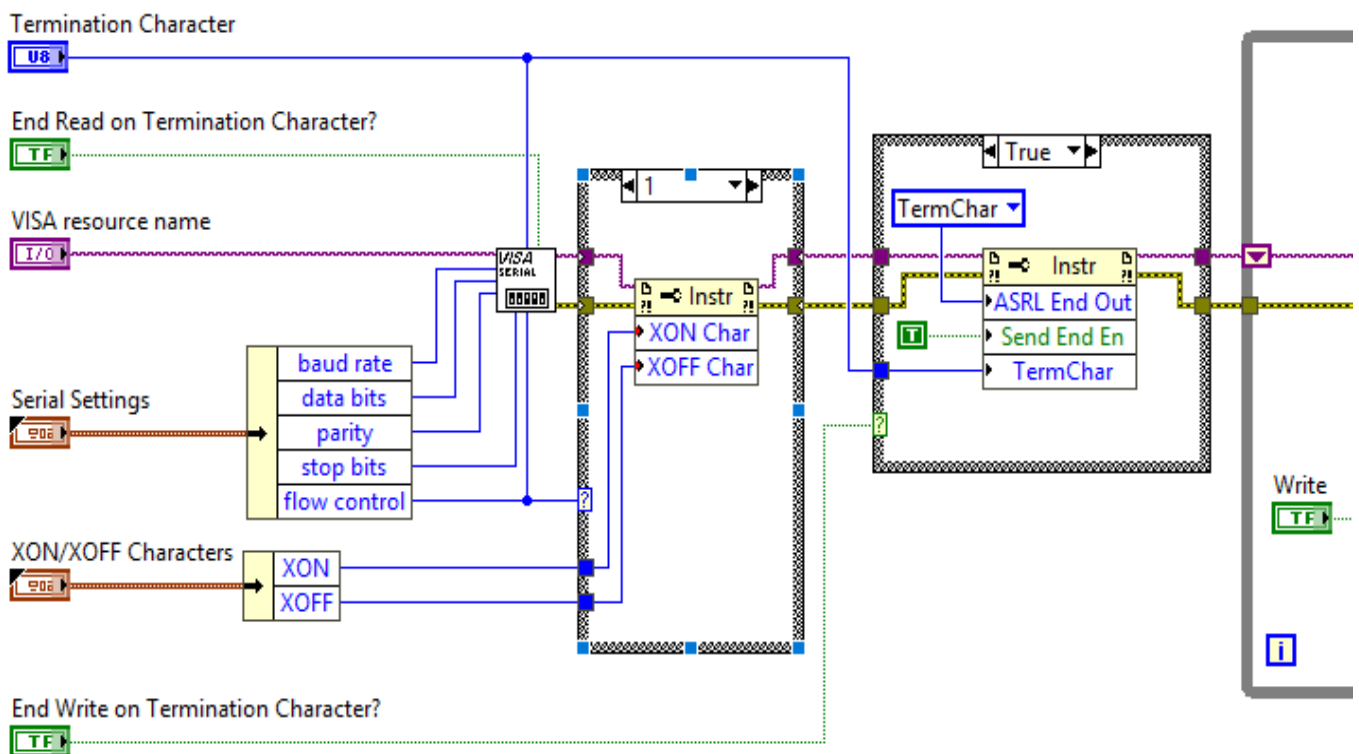


Рисунок 2.11 – Ліва частина панелі блок-діаграми

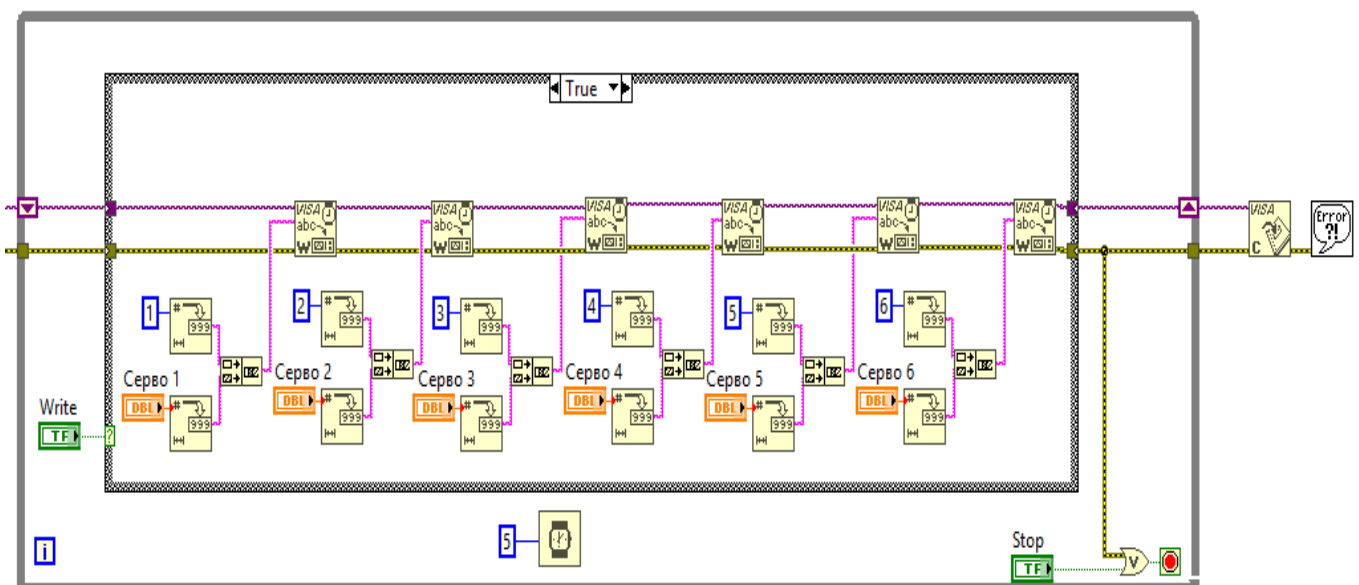


Рисунок 2.12 – Права частина панелі блок-діаграми

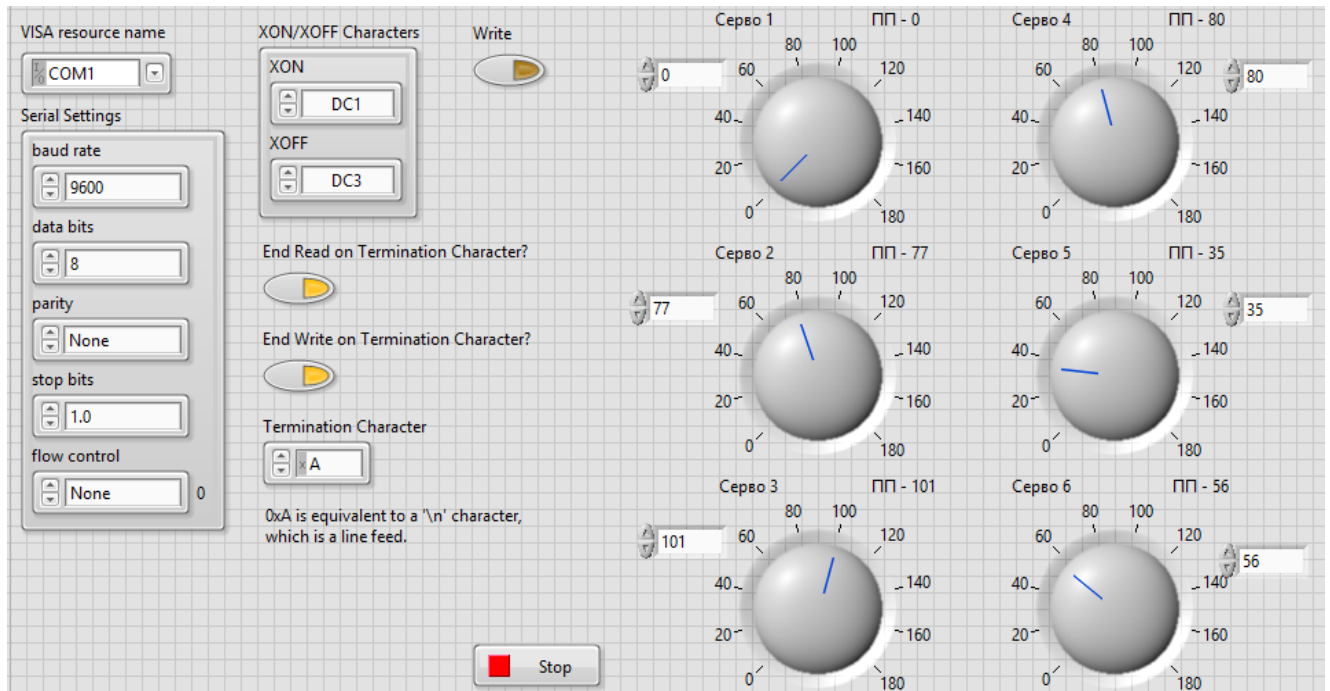


Рисунок 2.13 – Лицева панель програми

Розробка алгоритму в середовищі Arduino

Дані, що надходять з COM-порту необхідно розбити на частини та використати для повернення конкретного серводвигуну на конкретно заданий кут.

Для роботи з ШІМ контролером моделі PCA9685 було прийнято рішення використовувати бібліотеку `iarduino_MultiServo`.

Бібліотека дозволяє працювати з Multi Servo Shield на 16 сервоприводів. Основні функції бібліотеки дозволяють керувати сервоприводами та використовувати Servo Shield в якості розширення виходів Arduino (тільки виходів, а не входів). Додаткові функції бібліотеки дозволяють використовувати весь функціонал чіпу PCA9685, на базі якого реалізований Multi Servo Shield.

Дана бібліотека може використовувати як апаратну так і програмну реалізацію шини I2C.

Покроково розглянемо та прокоментуємо код програми.

```
// Підключаємо бібліотеку
#include <iarduino_MultiServo.h>

// Створюємо об'єкт
iarduino_MultiServo MSS;
```



```

//Об'являємо змінні, що будуть надалі використовуватися
String input_st, st_numb_servo, st_angle_servo;
int read_input, numb_servo, angle_servo;

//Використовуємо метод для керування швидкістю руху сервоприводів
void servoSlow(int num, int start, int pos, int time){
    MSS.servoWrite(num, start);
    if(start < pos){
        for(int i=start; i < pos; i++){
            MSS.servoWrite(num, i);
            delay(time);
        }
    }
    if(start > pos){
        for(int i=start; i > pos; i--){
            MSS.servoWrite(num, i);
            delay(time);
        }
    }
}

void setup() {
    // Встановлюємо параметри для кожного сервоприводу
    MSS.servoSet(10, SERVO_MG996R);
    MSS.servoSet(11, SERVO_MG996R);
    MSS.servoSet(12, SERVO_MG996R);
    MSS.servoSet(13, SERVO_MG996R);
    MSS.servoSet(14, SERVO_MG996R);
    MSS.servoSet(15, SERVO_MG996R);
}

```



```
//Ініціалізація роботи з Multi Servo Shield
```

```
MSS.begin();
```

```
//Виставлення в початкове положення
```

```
servoSlow(15, 56, 56, 7);
```

```
delay(500);
```

```
servoSlow(14, 35, 35, 7);
```

```
delay(500);
```

```
servoSlow(13, 80, 80, 7);
```

```
delay(500);
```

```
servoSlow(12, 101, 101, 7);
```

```
delay(500);
```

```
servoSlow(11, 77, 77, 7);
```

```
delay(500);
```

```
servoSlow(10, 0, 0, 7);
```

```
delay(500);
```

```
//Ініціалізуємо послідовне з'єднання та задаємо швидкість передачі даних //в біт/с.
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
// Перевіряємо, чи є доступні дані для читання з послідовного інтерфейсу зв'язку.
```

```
if (Serial.available() > 0) {
```

```
// Шукаємо коректне ціле число в вхідному потоці даних.
```

```
read_input = Serial.parseInt();
```

```
// Перетворюємо вхідне число в дані строкового типу
```

```
input_st = String(read_input);
```

```

// Розбиваємо рядок на дві частини, а саме першу цифру та решту рядку
// Перша цифра відповідає за номер сервопривода
// Решта числа відповідає за кут повороту сервоприводу
    st_numb_servo = input_st.substring(0,1);
    st_angle_servo = input_st.substring(1,sizeof(input_st));
// Перетворюємо розбиті строкові дані в числовий тип даних
    numb_servo = st_numb_servo.toInt();
    angle_servo = st_angle_servo.toInt();
//Об'являємо оператор switch, який відповідає за повернення конкретно
//заданого сервоприводу на заданий кут, для цього використовуємо функцію
//ServoWrite(№_ВХОДУ, КУТ).
    switch(numb_servo){
        case 1:
            MSS.servoWrite(10, angle_servo);
            break;
        case 2:
            MSS.servoWrite(11, angle_servo);
            break;
        case 3:
            MSS.servoWrite(12, angle_servo);
            break;
        case 4:
            MSS.servoWrite(13, angle_servo);
            break;
        case 5:
            MSS.servoWrite(14, angle_servo);
            break;
        case 6:
            MSS.servoWrite(15, angle_servo);
            break;
    }

```

```
}  
}  
}
```

Хоча функція `ParseInt()` має певну затримку при обробці даних, що надходять з СОМ-порту, проте вона залишається найбільш доцільною функцією для рішення поставленої задачі.

Висновок

В ході виконання дипломної роботи були розглянуті різні варіації комплектування макету промислового робота та обрані оптимальні компоненти для виконання поставленого завдання.

Після чого було проведено та зафіксовано процес збірки навчального макету промислового маніпулятора.

Задля досягнення задачі керування маніпулятором було розглянуто та використано на практиці синтез таких інструментів розробки, як LabVIEW та Arduino IDE.

В середовищі розробки LabVIEW за допомогою розширення VISA було розроблену програму, що дозволяє задавати кут повороту для певних серводвигунів та відправляти її в COM-порт.

За допомогою середовища розробки Arduino IDE інформація, що надходить з COM-порту обробляється заданим алгоритмом та на виході дає можливість керування серводвигунами в реальному часі.

Варто відмітити, що поєднання декількох середовищ розробки надає більш широкі можливості для маніпуляції та обробки даних.

Підводячи підсумки раніше описаних деталей можна прийти до заключення, що даний дипломний проект частково демонструє функціональну можливість промислових роботів, що дозволяє в достатньому обсязі оцінити перспективу використання даних приладів.

Список використаної літератури

1. Промышленный робот [электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленный_робот (дата звернення 10.05.2019)
2. Манипуляционные роботы [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://refleader.ru/jgeyfsrnarna.html> (дата звернення: 03.06.2019).
3. Лекции по УРиПТС [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/985241/> (дата звернення: 03.06.2019).
4. Схиртладзе А.Г., Выходец В.И. Оборудование машиностроительных предприятий. – М.: РПК «Политехник», 2005. – 92 с.
5. Компьютерное моделирование [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://inf1.info/modeling> (дата звернення: 03.06.2019).
6. Гонсалес Р., Фу К., Ли К. Робототехника. – М.: Москва «Мир», 1989. – 620 с.
7. О. Д. Егоров, Ю.В. Подураев, М. А. Буйнов, Робототехнические мехатронные системы: учебник, ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2015 г, -326 ст.
8. О. Бишоп, Настольная книга разработчика роботов, Киев, “МК-Пресс”, СПб, “Корона-Век”, 2010 г, 400 ст
9. Дж. Вильямс, перевод с англ. А. Ю. Карцева, Программируемые роботы. Создаем робота для своей домашней мастерской, Москва, НТ Пресс, 2006 г, 240 ст
10. С.Л. Зегкевич, А.С. Ющенко, Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. Пособие- М. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005, 384 ст
11. Ф. Жимарши, перевод с фр. М. А. Комаров. Сборка и программирование мобильных роботов в домашних условиях Москва, НТ Пресс, 2007 г, 288 ст
12. Кондратов А. М. Электронные разум. Очерк исследований по проблеме искусственного интеллекта. Москва, “Знание”, 1987 г, 176 ст
13. Предко М. перевод с англ В. П. Попова, 123 эксперимента по робототехнике, Москва НТ Пресс, 2007 г, 544 ст
14. Булгаков А. Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление, Москва, СОЛОН-ПРЕСС, 2008 г - 488 ст